

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 10008189
PUBLICATION DATE : 13-01-98

APPLICATION DATE : 14-06-96
APPLICATION NUMBER : 08187986

APPLICANT : DAIDO STEEL CO LTD;

INVENTOR : NAKAMURA SADAYUKI;

INT.CL. : C22C 38/00 C22C 38/14 C22C 38/60

TITLE : STEEL FOR INDUCTION HARDENING EXCELLENT IN BENDABILITY AND
INDUCTION HARDENED PART EXCELLENT IN BENDABILITY USING THE SAME
STEEL

ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent brittle fracture in a steel even if excessive loads
are applied by prescribing the contents of elements.

SOLUTION: It is effective for preventing the generation of brittle fracture even if excessive loads are applied and for preventing the fracture by bending deformation to incorporate B into the steel. Namely, by the addition of B, its bendability after induction hardening treatment can remarkably be improved. Furthermore, by the incorporation of Mn, Cr, Ni, Mo, or the like, this effect can moreover be improved. For this purpose, the contents of the elements are prescribed as follows: by weight, 0.30 to 0.60% C, $\leq 0.50\%$ Si, 0.20 to 2.0% Mn, 0.0005 to 0.0050% B, $\leq 0.020\%$ N, $\leq 0.1\%$ To, also, the ratio of the contents of Ti to N: $3.42 \leq \text{Ti}/\text{N} \leq 8.0$, and the balance Fe or the like. If required, one or \geq two kinds among $\leq 1.50\%$ Ni, $\leq 0.50\%$ Mo, 0.50% V and $\leq 2.0\%$ Cr may be incorporated therein.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-8189

(43) 公開日 平成10年(1998) 1月13日

(51) IntCl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C 2 2 C 38/00	3 0 1		C 2 2 C 38/00	3 0 1 A
38/14			38/14	
38/60			38/60	

審査請求 未請求 請求項の数 8 書面 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平8-187986

(22) 出願日 平成8年(1996) 6月14日

(71) 出願人 000003713

大同特殊鋼株式会社

愛知県名古屋市中区錦一丁目11番18号

(72) 発明者 紅林 豊

愛知県半田市宮本町5丁目217番地の1

(72) 発明者 中村 貞行

三重県三重郡朝日町大字柿3094

(54) 【発明の名称】 曲げ特性に優れる高周波焼入れ用鋼ならびにその 鋼材を用いた曲げ特性に優れる高周波焼入れ部品

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 静的または動的に過大な荷重が作用しても脆性的に破損することのない、曲げ特性に優れる高周波焼入れ鋼。

【解決手段】 質量%で、C: 0.30~0.60, Si: ≤0.50, Mn: 0.20~2.0, B: 0.0005~0.0050, N: ≤0.020, Ti ≤0.1、かつ、Ti、Nの含有量の比率が $3.42 \leq Ti/N \leq 8.0$ であり、残部Feおよび不可避不純物からなる、曲げ特性に優れる高周波焼入れ用鋼。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 合金元素の含有率が質量%で、C：0.30～0.60%、Si：≤0.50%、Mn：0.20～2.0%、B：0.0005～0.0050%、N：≤0.020%、Ti≤0.1%、かつ、Ti、Nの含有量の比率が $3.42 \leq Ti/N \leq 8.0$ であり、残部Feおよび不可避不純物からなることを特徴とする、曲げ特性に優れた高周波焼入れ用鋼。

【請求項2】 さらに、質量%で、Ni：≤1.50%、Mo：≤0.50%、V：≤0.50%、Cr：≤2.0%のうちの1種または2種以上を含有することを特徴とする、請求項1に記載の曲げ特性に優れた高周波焼入れ用鋼。

【請求項3】 さらに、質量%で、Nb：≤0.20%、Zr：≤0.10%、Ta：≤0.20%、Al：≤0.10%のうちの1種または2種以上を含有することを特徴とする、請求項1、または請求項2に記載の曲げ特性に優れた高周波焼入れ用鋼。

【請求項4】 さらに、質量%で、S：≤0.20%、Pb：≤0.20%、Bi：≤0.20%、Te：≤0.10%、Ca：≤0.05%のうちの1種または2種以上を含有することを特徴とする、請求項1、または請求項2、または請求項3に記載の曲げ特性に優れた高周波焼入れ用鋼。

【請求項5】 合金元素の含有率が質量%で、C：0.30～0.60%、Si：≤0.50%、Mn：0.20～2.0%、B：0.0005～0.0050%、N：≤0.020%、Ti≤0.1%、かつ、Ti、Nの含有量の比率が $3.42 \leq Ti/N \leq 8.0$ であり、残部Feおよび不可避不純物からなり、JIS G 0559に規定される高周波焼入れ焼もどし処理後の有効硬化深さtと部品直径または厚さrとの間に $t/r \geq 0.3$ が成立し、かつ表面硬さが600Hv以上であることを特徴とする、曲げ特性に優れた高周波焼入れ部品。

【請求項6】 さらに、質量%で、Ni：≤1.50%、Mo：≤0.50%、V：≤0.50%、Cr：≤2.0%のうちの1種または2種以上を含有することを特徴とする、請求項5に記載の曲げ特性に優れた曲げ特性に優れた高周波焼入れ部品。

【請求項7】 さらに、質量%で、Nb：≤0.20%、Zr：≤0.10%、Ta：≤0.20%、Al：≤0.10%のうちの1種または2種以上を含有することを特徴とする、請求項5、または請求項6に記載の曲げ特性に優れた高周波焼入れ部品。

【請求項8】 さらに、質量%で、S：≤0.20%、Pb：≤0.20%、Bi：≤0.20%、Te：≤0.10%、Ca：≤0.05%のうちの1種または2種以上を含有することを特徴とする、請求項5、または請求項6、または請求項7に記載の曲げ特性に優れた

高周波焼入れ部品。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、操舵部品（ステアリングラック）、動力伝達用シャフト類、自動車足回り部品など高周波焼入れを行って実体に供される鋼材および部品に関し、静的または動的に過大な荷重が作用しても脆性的に破損することのない、曲げ特性に優れた高周波焼入れ鋼ならびにその鋼材を用いた高周波焼入れ部品に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、高周波焼入れ用の鋼材には炭素含有量が0.4%～0.5%程度の炭素鋼やCr-Mo鋼またはV添加した鋼材が用いられてきた。例えば、自動車用のステアリングラックには、S45CまたはS48Cが適用されており、機械加工などによって部品を製造した後に、高周波焼入れ焼もどし処理を施すことによって必要とする強度を得ている。ステアリングラックは操舵機構に不可欠な部品であり、この部品が破損した場合にはハンドル操作が不能となり、最悪の場合には人身事故を引き起こす可能性があるために重要保安部品に指定されており、高い信頼性と強度特性が要求されている。また、ステアリングラックに要求される最も重要な特性は、静的または動的に過大な荷重が作用した場合にも脆性的に破損しないことであり、過大荷重が作用しても曲がり変形を生ずることによって、部品が完全に破断分離しないことが要求されている。

【0003】現在のステアリングラックの製造は、圧延鋼材→焼入れ焼もどし処理→機械加工→高周波焼入れ焼もどし処理→仕上げ加工の工程が適用されている。上記のような脆性的な破壊を極力回避するために、圧延鋼材を直接加工・高周波焼入れ処理せず、焼入れ焼もどし処理を行うことによって素材の靱性を向上させ、その後、その部品加工と高周波焼入れ処理を施すことによって脆性的な破壊を防止している。

【0004】しかしながら、近年の高出力エンジンの搭載などにより、ステアリングラックにも更なる強度向上が要求されており、これを達成する鋼材の開発が望まれている。また加えて、現状の製造工程では焼入れ焼もどし処理が適用されているために、生産性の低下を生じるとともに製造コストの上昇を招くため、焼入れ焼もどし処理を省略しても脆性的な破壊の防止できる鋼材の開発が要求されている。また、高周波焼入れ処理においても、後段の焼もどし処理が省略できれば製造コストの低減が可能とされ、これらに対応可能な材料の開発が望まれている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】本発明はステアリングラックなど高周波焼入れ処理を施される部品において、部品に過大な荷重が作用しても脆性的な破断を生じるこ

3

となく、曲げ変形することによって破断を防止することが可能な高周波焼入れ用鋼ならびに高周波焼入れ部品を提供することにより、さらには、従来から実施されている焼入れ焼もどし処理、または、高周波焼入れ処理後の焼もどし処理を省略しても同等の強度特性を得ることができる高周波焼入れ用鋼と高周波焼入れ部品の製造方法を提供することによって、製造コストの低減を図ることを目的としている。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は上記課題の解決のために、過大負荷が作用しても脆性破壊を発生せず、曲げ変形することによって破壊を防止するためにはBを含有させることが有効であることを見出した。また、Mn, Cr, Ni, Moなどを含有させることによってさらにこの効果が改善されることを見出した。さらに、高周波焼入れ焼もどし処理により得られる有効硬化深さ t と部品半径または厚さ r との関係において、 t/r が0.3以上、かつ、表面硬さが600HVとすることによって、従来の焼入れ焼もどし処理して使用された部品と同等以上の強度が得られることを見出した。

【0007】本発明による曲げ特性に優れた高周波焼入れ用鋼は、合金元素の含有率が質量%で、C:0.30~0.60%、Si:≤0.50%、Mn:0.20~2.0%、B:0.0005~0.0050%、N:≤0.020%、Ti≤0.1%、かつ、Ti, Nの含有量の比率が $3.42 \leq Ti/N \leq 8.0$ であり、残部Feおよび不可避不純物からなる(請求項1)。さらに、必要に応じて質量%で、Ni:≤1.50%、Mo:≤0.50%、V:≤0.50%、Cr:≤2.0%のうちの1種または2種以上を含有することができる(請求項2)。さらに必要に応じて、質量%で、Nb:≤0.20%、Zr:≤0.10%、Ta:≤0.20%、Al:≤0.10%のうちの1種または2種以上を含有することができる(請求項3)。さらに必要に応じて、質量%で、S:≤0.20%、Pb:≤0.20%、Bi:≤0.20%、Te:≤0.10%、Ca:≤0.05%のうちの1種または2種以上を含有することができる(請求項4)。

【0008】本発明による曲げ特性に優れた高周波焼入れ部品は、合金元素の含有率が質量%で、C:0.30~0.60%、Si:≤0.50%、Mn:0.20~2.0%、B:0.0005~0.0050%、N:≤0.020%、Ti≤0.1%、かつ、Ti, Nの含有量の比率が $3.42 \leq Ti/N \leq 8.0$ であり、残部Feおよび不可避不純物からなり、JIS G 0559に規定される高周波焼入れ焼もどし処理により得られる有効硬化深さ t と部品直径または厚さ r との間に $t/r \geq 0.3$ が成立し、かつ表面硬さが600HV以上であることを特徴とする(請求項5)。さらに、必要に応じて質量%で、Ni:≤1.50%、Mo:≤0.50

4

%, V:≤0.50%, Cr:≤2.0%のうちの1種または2種以上を含有することができる(請求項6)。さらに必要に応じて、質量%で、Nb:≤0.20%、Zr:≤0.10%、Ta:≤0.20%、Al:≤0.10%のうちの1種または2種以上を含有することができる(請求項7)。さらに必要に応じて、質量%で、S:≤0.20%、Pb:≤0.20%、Bi:≤0.20%、Te:≤0.10%、Ca:≤0.05%のうちの1種または2種以上を含有することができる(請求項8)。

【0009】

【作用】以下、に各合金元素の限定理由について説明する。

C:0.30~0.60%

Cは鋼材および部品の強度を得るために必須の元素であり、高周波焼入れ処理を行い表面硬さ600HV以上を得るためには少なくとも0.30%を含有させることが必要である。しかし、0.60%を越えて含有させても表面硬さは飽和するとともに、高周波焼入れ時の割れ発生が顕著となるために、C含有量の上限を0.60%に規定した。

【0010】Si:≤0.50%

Siは脱酸剤として添加されるが、0.5%を越えて含有させると熱間加工性と被削性が低下するので、Si含有量の上限を0.50%に規定した。

【0011】Mn:0.20~2.0%

MnもSi同様に脱酸剤として添加されるが、焼入性を大幅に向上させる元素であり、高周波焼入れ処理において所定の硬化層を得るために少なくとも0.20%を含有させる必要がある。また、Mn量の増加にともなって曲げ特性が改善するために好ましくは0.5%以上を含有させるが、2.0%を越えて含有させると焼き割れの発生が顕著となるために、Mn含有量の上限を2.0%に規定した。

【0012】B:0.0005~0.0050%

Bは本発明において極めて重要な元素であり、焼入性の改善効果に加えて、高周波焼入れ処理後の曲げ特性を大幅に改善する効果を有するため添加する。この効果を得るためには少なくともB含有量を0.0005%以上とすることが必要であり、また、0.0050%を越えて含有させると熱間加工時の割れ発生が顕著となるために、B含有量の上限を0.0050%に規定した。

【0013】N:≤0.020%

Nは鋼中のBと結合してBNを生成するが、BNが生成されると焼入性、および曲げ特性が低下するため、N含有量の上限を0.020%に規定した。

【0014】Ti:≤0.10%

Tiは鋼中のNと結しTiNを生成することによって、NがBと結合することを抑制し、Bの焼入性、および曲げ特性への効果を維持させるために添加する。この際、

10

20

30

40

50

Tiの添加量はN量に応じて添加量が決定され、N量に対して少なくとも3.42倍のTiを含有させる必要がある。しかし、0.1%を越えて含有させてもその効果は飽和するとともに、大型のTiNを生成し、疲れ強度の低下を招くことがあるために、Ti含有量の上限を0.10%に規定した。

【0015】Ti、N量の比率

上述のように、鋼中のNをTiと結合させるためには、少なくともTi/Nを3.42以上とする必要がある。これは、Ti、Nが1対1で結合すると仮定した場合、Ti、Nの重量比率から決定される値である。また、N量が0.015%以上の時、TiとNの比率を高くすると大型のTiNを生成し疲れ特性を劣化させる。また、 $Ti/N > 8.0$ になるとその傾向が顕著に認められるため、 Ti/N の比率を $3.42 \leq Ti/N \leq 8.0$ に規定した。

【0016】 $t/r \geq 0.3$

高周波焼入れ処理後に得られる有効硬化深さを t 、部品半径または厚さを r とした時、 t/r が大きいほど曲げ特性が向上することが確認された。しかしながら、 t/r が0.3より小さい場合には、顕著な曲げ特性の改善効果が得られないために、 t/r を0.3以上に規定した。

【0017】高周波焼入れ焼もどし処理後の表面硬さ曲げ特性を向上させるためには、組織を均一なマルテンサイト組織とすることが重要であることが見出され、0.3~0.6%のCを含有する鋼において、高周波焼入れ時に均一な鋼マルテンサイト組織とするためには、表面硬さを600HV以上とすることが必要とされる。また、表面硬さが低下すると、曲げ特性の劣化に加え、耐摩耗性や疲れ特性を低下させるために、高周波焼

入れ後の表面硬さを600HV以上に規定した。

【0018】Ni、Mo、V、Crの各元素は、高周波焼入れ処理後の曲げ特性を向上させる効果を有するとともに、疲れ特性、耐摩耗性を向上させる効果を有するので必要に応じて添加することができる。しかし、大量に含有させてもその効果は飽和し、また、被削性の劣化を生じるため、それぞれ、 $Ni: \leq 1.50\%$ 、 $Mo: \leq 0.50\%$ 、 $V: \leq 0.50\%$ 、 $Cr: \leq 2.0\%$ の範囲で添加することができる。

10 【0019】Nb、Zr、Ta、Alの各元素は、オーステナイト結晶粒の成長を抑制し結晶粒を微細に維持する効果を有し、曲げ特性の改善に寄与するので必要に応じて添加することができる。ただし、大量に添加させると、大型の晶出物を生成し疲れ特性や加工性を低下させるため、それぞれの含有量の上限を $Nb: \leq 0.20\%$ 、 $Zr: \leq 0.10\%$ 、 $Ta: \leq 0.20\%$ 、 $Al: \leq 0.10\%$ に規定した。

20 【0020】S、Pb、Bi、Te、Caの各元素は被削性を改善するために添加する。しかし、大量に含有させると曲げ特性を劣化させるため、それぞれ $S: \leq 0.20\%$ 、 $Pb: \leq 0.20\%$ 、 $Bi: \leq 0.20\%$ 、 $Te: \leq 0.10\%$ 、 $Ca: \leq 0.05\%$ に規定した。

【0021】

【実施例】本発明による鋼材と比較鋼の化学成分を表1に示す。これらの鋼材は、いずれも常法によって溶製されたものであり、溶解・鋳造後にビレットに熱間圧延され、その後に直径30mmの棒鋼に圧延されたものである。

【0022】

30 【表1】

	No	C	Si	Mn	B	N	Ti	その他				
発 明 鋼	1	0.31	0.25	0.75	0.0011	0.015	0.06					
	2	0.41	0.27	0.77	0.0013	0.017	0.07					
	3	0.41	0.45	0.77	0.0015	0.015	0.07	Al:0.05	S:0.033	Pb:0.09		
	4	0.40	0.25	1.25	0.0017	0.010	0.08	Bi:0.07	Te:0.08	S:0.021		
	5	0.41	0.26	1.99	0.0017	0.010	0.04	Y:0.14	Ta:0.08	Bi:0.11		
	6	0.42	0.27	0.55	0.0044	0.009	0.05	Ni:0.59	Mo:0.11	Cr:1.25		
	7	0.40	0.27	0.51	0.0005	0.007	0.07	Mo:0.31	Cr:0.21			
	8	0.41	0.25	0.51	0.0016	0.010	0.05	Nb:0.04	Zr:0.04			
	9	0.40	0.25	0.52	0.0017	0.015	0.06	Cr:0.88				
	10	0.59	0.25	0.51	0.0020	0.014	0.06	Ni:0.55	Nb:0.09	S:0.051	Pb:0.09	Ca:0.01
比 較 鋼	11	0.44	0.27	0.88	---	---	---					
	12	0.49	0.25	0.86	---	---	---					
	13	0.48	0.25	0.79	---	---	---	Pb:0.11	S:0.051			
	14	0.45	0.25	0.81	---	---	---	Ni:1.14	Mo:0.22			
	15	0.25	0.25	0.78	0.0016	0.011	0.08					
	16	0.70	0.25	0.81	0.0017	0.009	0.06					
	17	0.45	0.25	0.79	0.0015	0.025	0.01					

【0023】高周波焼入性の評価は、圧延材から直径15mm長さ200mmの高周波焼入性試験用の円柱状試験片を機械加工によって作製し、この後に、周波数10kHz、出力55kW、時間：1.5秒、冷却：水冷の高周波焼入れを行い、150℃で2時間の焼もどし処理を施した。さらに、試験片中央部の横断面においてJ I *

* S G 0559に準拠して有効硬化層深さを測定し部品半径との比率を求めるとともに表面硬さを測定した。この測定結果を表2に示す。

【0024】

【表2】

	No.	表面硬さ (HV)	l/r
突 切 鋼	1	631	0.39
	2	655	0.41
	3	671	0.41
	4	666	0.44
	5	679	0.48
	6	659	0.49
	7	689	0.49
	8	677	0.44
	9	671	0.46
	10	717	0.49
比 較 鋼	11	689	0.25
	12	699	0.24
	13	691	0.22
	14	658	0.21
	15	577	0.17
	16	744	0.25
	17	667	0.22

【0025】曲げ特性の評価には、上記の高周波焼入れ試験に用いた試験片と同一の試験片を用い、同一条件の高周波焼入れ焼もどし処理を行った。この試験片において、支点間隔150mmの3点曲げ試験を行い、支点中央の荷重負荷点において破断までの最大変形量を測定した。なお、負荷速度は、0.01mm/分の静的負荷と*

*50mm/秒(3000mm/分)の衝撃的な負荷の2水準を行った。なお、最大変形量はダイヤルゲージにより測定したものである。この測定結果を表3に示す。

【0026】

【表3】

11

12

	No.	最大曲げ変形量	
		(mm)	
		負荷速度: 0.01mm/分	負荷速度: 50mm/秒
発 明 鋼	1	5.8	4.7
	2	4.5	4.1
	3	4.8	3.9
	4	5.3	4.6
	5	6.1	5.5
	6	5.7	5.1
	7	6.3	6.7
	8	4.8	4.2
	9	5.2	4.3
	10	4.4	4.7
比 較 鋼	11	1.3	1.1
	12	1.5	1.2
	13	9	7
	14	7	6
	15	2.2	1.1
	16	1.8	1.3
	17	1.7	1.1

【0027】実体のステアリングラックを用いて高周波焼入性および曲げ特性を評価した。ステアリングラックの製造工程は、発明鋼では圧延材→切断→機械加工→高周波焼入れ焼もどし、または、高周波焼入れ処理後の焼もどしを省略したものである。比較品は上記と同一工程で製造したものに加えて、従来と同一の工程を適用し圧延後に焼入れ焼もどし処理を施した素材を用いて部品製造を行った。それぞれ、高周波焼入れ処理後の硬さ特性と曲げ特性を評価した。なお、ステアリングラックの製造においては、圧延後の焼入れ焼もどし条件は、焼入れ温度: 870℃、保持: 30分、冷却: 水冷、焼もどし温度: 550℃、保持: 2時間、冷却: 放冷である。また、高周波焼入れ条件は、周波数: 20kHz、出力: *

11.5kW、移動速度: 10mm/秒、冷却: 水冷の移動焼入れを行った。高周波焼入れ後の焼もどし処理は、温度: 160℃、保持: 2時、冷却: 放冷である。

【0028】ステアリングラックによる高周波焼入性の評価は、JIS G 0559に準拠した硬さ測定により端部から200mm位置おける断面硬さを測定し、表面硬さと有効硬化深さと部品半径(厚さ) r との比率を求めた。また曲げ特性評価には、支点間隔300mmの3点曲げ試験を行い、負荷速度0.01mm/分、50mm/秒による曲げ試験を行い、負荷点の最大曲げ量を測定した。表4に実体品による試験の結果を示した。

【0029】

【表4】

13

14.

	鋼種 No	製造 工程	表面硬さ (HV)	t/R	最大曲げ変形量 (mm)	
					負荷速度 0.01mm/分	負荷速度 5.0mm/秒
発 明 鋼	2	A	651	0.51	118	07
		B	644	0.48	125	101
	4	A	671	0.55	148	129
		B	655	0.53	153	116
	6	A	677	0.47	161	135
		B	667	0.51	166	111
	7	A	677	0.55	183	137
	8	A	681	0.57	158	122
	9	A	688	0.51	142	123
	10	A	731	0.56	114	87
比 較 鋼	11	A	669	0.13	23	11
		B	641	0.16	35	15
		D	655	0.23	49	22
	12	A	688	0.18	17	4
		B	651	0.14	25	12
		C	677	0.27	33	22
		D	631	0.24	41	25
	製造工程記号 A: 圧延材→切断→機械加工→高周波焼入れ B: 圧延材→切断→機械加工→高周波焼入れ→焼もどし C: 圧延材→焼入れ焼もどし→切断→機械加工→高周波焼入れ D: 圧延材→焼入れ焼もどし→切断→機械加工→高周波焼入れ→焼もどし					

【0030】表2に示されるように、高周波焼入れ後焼もどし後の表面硬さはC含有量と良く対応している。比較鋼No. 15はC含有量が0.25%と低いために、600HVの表面硬さを得ることができず、所定の硬さをえるためにはこれ以上のCを含有させる必要があることが分かる。発明鋼No. 1はC量が0.31%と下限値に近いが、600HV以上の硬さを得ることが可能とされており、安定して600HV以上の硬さを得るためには0.30%以上のC量とすることが必要である。また、有効硬化深さと試験片半径との比率 t/r を比較すると、発明鋼は全て0.3以上が得られるのに対して、同一条件の処理を行っても、比較鋼ではいずれも有効硬化深さは浅く、所定の t/r が得られない。比較鋼No. 17はB添加を行ったが、 Ti/N が0.4と低いために十分な焼入性が得られず、有効硬化深さが浅くなった例である。このように、発明鋼のように所定のBを含有し、 Ti, N の比率を規定することによって有効硬化深さを向上することが可能である。

【0031】表3には高周波焼入れ焼もどし処理した試*50

* 験片の曲げ特性を示したが、負荷速度が遅い場合、速い場合の両者とも発明鋼の変形量の方が大きく、曲げ特性に優れていることが確認された。また、Cr, Ni, Mo等の元素を添加することによってさらに曲げ特性は改善される傾向にある。また、表2に記載したように、開発鋼に比べて比較鋼の有効硬化深さは浅く t/r が小さいために、曲げ特性が低くなっている。

【0032】表4に実体ステアリングラックによる高周波焼入れ特性と曲げ特性の調査結果を示した。比較鋼No. 11、または12のように同一材料において製造条件で比較すると、従来のように圧延材を焼入れ焼もどし処理することによって、曲げ特性は向上することが分かる。また、高周波焼入れ後の焼もどし処理を施した方が曲げ特性は向上している。発明鋼はいずれも圧延後に焼入れ焼もどし処理することなく部品製造したが、従来工程品に比べて格段に優れた曲げ特性を示すことが確認された。また、比較鋼では t/r が0.3を満たしておらず、曲げ特性が低下しているが、 t/r が大きいほど曲げ特性が向上する傾向が認められる。

【0033】

【発明の効果】以上の実施例により本発明は、高周波焼入れ処理部品としての強度を改善することが可能とされ、るとともに、焼入れ焼もどし処理の省略、高周波焼入れ

後の焼もどし処理の省略が可能とされるなど、熱処理省略による生産性の向上、省エネルギー化など産業上の効果は極めて顕著なものである。

THIS PAGE BLANK (USPTO)